

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Энергетический
Специальность: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Кафедра: Атомных и тепловых электростанций

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проект модернизации конденсационной установки энергоблока Ростовской АЭС
УДК 621.311.25:621.039.524.001.6-04835(470.61)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Дергачёв И.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	С.В.Лавриненко			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры менеджмента	С.И. Сергейчик	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Ю.А. Амелькович	к.т.н., доцент		

По разделу «Автоматизация технологических процессов и производств»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры автоматизации тепло-энергетических про-	В.С. Андык	к.т.н., доцент		

Диплом защищен в соответствии с требованиями к защите дипломных работ

Подпись и печать ответственного за организацию защиты

Подпись и печать ответственного за организацию защиты

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры АТЭС	М.А.Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
атомных и тепловых электростанций	А.С. Матвеев	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг, специализация подготовки «Проектирование и эксплуатация атомных станций»

Код ре- зультата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	Универсальные компетенции	
P1	Использовать методологические основы современной картины мира для научного познания и творчества, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК- 1, ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Анализировать социально-значимые процессы и явления, экономические проблемы и общественные процессы, ответственно участвовать в общественно-политической жизни, применять методы социального взаимодействия на основе принятых моральных и правовых норм	Требования ФГОС (ОК-2, 5, 9), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и публично защищать результаты, владеть методами пропаганды научных достижений	Требования ФГОС (ОК-3 – 5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Использовать системный подход в профессиональной деятельности, ставить цели и выбирать пути их достижения, обобщать, анализировать, критически осмысливать, систематизировать	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение	Требования ФГОС (ОК-7 ПК-3), Критерий 5 АИОР (п.

Код ре- зуль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	<i>всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию, развитию социальных и профессиональных компетенций, использовать полученные знания для обучения и воспитания новых кадров	2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	К достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности и должного уровня безопасности жизнедеятельности, в том числе, защиты персонала и населения от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	Требования ФГОС (ОК-8; ОПК-1, ПК-7, 19), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе, многонациональном, принимать ответственность за свои решения, в том числе, нестандартные, управлять коллективом, находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях	Требования ФГОС (ОК-10, 13, 14, ПК-3), Критерий 5 АИОР (пп.2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать информационные технологии для работы с информацией, управления ею и создания новой информации; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях, осознавать и соблюдать основные требования информационной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ПК-2, 6, 13, 26, ПСК-1.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
	Профессиональные компетенции	
P9	Понимать значимость своей специальности, стремиться к ответственному отношению к своей трудовой деятельности, демонстрировать особые компетенции, связанные с уникальностью задач, объектов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать глубокие математические, естественнонаучные знания в профессиональной деятельности с применением математического моделирования объектов и процессов в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-9 – 11), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованные с требованиями международных стандартов <i>EUR-</i>

Код ре- зуль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
		<i>ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Проводить <i>инновационные</i> научные исследования систем и оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, участвовать во внедрении результатов исследований	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-5, 9, 14, 15, 16), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Анализировать и использовать научно-техническую информацию, формулировать цели проекта, ставить и решать инновационные задачи <i>комплексного</i> инженерного анализа в области проектирования и эксплуатации АС	Требования ФГОС (ПК-12; 17, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Выбирать, создавать и использовать оборудование атомных электрических станций и ядерных энергетических установок, средства измерения теплофизических параметров и автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	Требования ФГОС (ОПК-3, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P14	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок систем и оборудования АС и ядерных энергетических установок, готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений, выполнять <i>инновационные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности	Требования ФГОС (ПК-20, 21, 23 – 25, ПСК-1.5, 1.6, 1.8, 1.10), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P15	Разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы в области проектирования	Требования ФГОС (ПК-22), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требовани-

Код ре- зуль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	АС	ями международных стан- дартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P16	Анализировать нейтронно-физические, технологи- ческие процессы и алгоритмы контроля, диагности- ки, управления и защиты, проводить нейтронно- физические, теплогидравлические и прочностные расчеты оборудования АС и его элементов в стаци- онарных и нестационарных режимах работы	Требования ФГОС (ПК-27, 28, ПСК-1.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласован- ный с требованиями между- народных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>
P17	Делать оценку ядерной и радиационной безопасно- сти при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топ- ливом и другими отходами	Требования ФГОС (ПК-29), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требовани- ями международных стан- дартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P18	Применять основы обеспечения оптимальных ре- жимов работы ядерного реактора, тепломеханиче- ского оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности, выполнять типовые опе- рации по управлению реактором и энергоблоком на функционально-аналитическом тренажере	Требования ФГОС (ПК- 28, 10, 11, , ПСК-1.14, 1.15), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требовани- ями международных стан- дартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P19	Анализировать технологии монтажа, ремонта и де- монтажа оборудования АС применительно к усло- виям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуа- тации энергоблоков АС	Требования ФГОС (ПК- 13,14), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требо- ваниями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P20	Осуществлять и анализировать технологическую деятельность как объект управления, организовы- вать рабочие места, обеспечивать их техническое оснащение, размещать технологическое оборудова- ние, контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживать технологическое обо-	Требования ФГОС (ПСК- 1.9), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требо- ваниями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код ре- зуль- тата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон
	рудование, исследовать причины его неисправно- стей, принимать меры по их устранению	
P21	Составлять техническую документацию и органи- зовывать экспертизу технической документации, составлять установленную отчетность по утвер- жденным формам, управлять малыми коллективами исполнителей, планировать работу персонала и фонды оплаты труда	Требования ФГОС (ПСК- 1.9), Критерий 5 АИОР (пп. 2.2, 2.4), согласованный с требованиями международ- ных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P22	Выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, про- цессов, оборудования и материалов ядерных энер- гетических установок, проводить анализ производ- ственных затрат на обеспечение необходимого ка- чества продукции	Требования ФГОС (ПСК- 1.11), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требо- ваниями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P23	Составлять и использовать тепловые схемы и мате- матические модели процессов и аппаратов ядерно- энергетических и тепломеханических установок различных типов АС, готовить исходные данные для расчета тепловых схем	Требования ФГОС (ПСК-1.1, 1.3, 1.7), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международ- ных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P24	Проводить физические эксперименты на этапах фи- зического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических пара- метров реакторной установки и АС в целом	Требования ФГОС (ПСК- 1.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требо- ваниями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P25	Применять на практике принципы организации экс- плуатации современного оборудования и приборов АС, понимать принципиальные особенности стаци- онарных и переходных режимов реакторных уста- новок и энергоблоков и причины накладываемых ограничений при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках	Требования ФГОС (ПК-8, ПСК-1.12, 1.13), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласован- ный с требованиями между- народных стандартов <i>EUR- ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт: **Энергетический**
Специальность: **14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг**
Кафедра: **Атомных и тепловых электростанций**

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН
А.С. Матвеев

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Дергачёву Илье Сергеевичу

Тема работы:

Проект модернизации конденсационной установки энергоблока Ростовской АЭС

Утверждена приказом директора (дата, номер)	11.11.2016 г. №9734
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.01.2017 г.
--	----------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект проектирования –конденсационная установка установки турбины К-1000-60/1500-2. Режим работы – непрерывный. Исходные данные для расчета – параметры рабочего тела, определенные из принципиальной схемы ПТУ. Прототип– конденсатор К-33160. Источник тепла – ядерный реактор ВВЭР-1000. Климатические условия – г. Волгодонск.
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Представить схему включения, описание и принцип работы конденсационной установки, технические характеристики конденсатора РоАЭС. 2. Сформулировать цели и задачи проектирования. 3. Провести анализ методов повышения интенсивности теплообмена и сформулировать предложения по повышению эффективности использования конденсационной установки. 4. Провести технико-экономический анализ эффективности использования конденсационной установки на РоАЭС. 5. Провести расчет конденсатора. Определить параметры пара, мощность и площадь поверхности теплообмена, геометрические размеры и технические параметры конденсатора. Представить конструкцию проектируемого конденсатора на чертеже. 6. Определить экономические затраты на модернизацию конденсационной установки. 7. Проанализировать рабочие места в турбинном отделении на предмет выявления основных опасностей и вредностей, оценить степень воздействия их на персонал и природную среду. 8. Сформулировать основные выводы работы
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная схема РоАЭС, схема включения конденсационной установки, общий вид трубного пучка, продольный и поперечный разрез трубного пучка, таблица основных результатов расчета, технических характеристик конденсатора и основные показатели работы.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Сергейчик С.И., доцент кафедры менеджмента</p>
<p>2. Социальная ответственность</p>	<p>Амелькович Ю.А., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</p>
<p>3. Автоматизация</p>	<p>Андык В.С., доцент кафедры автоматизации теплоэнергетических процессов</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</p>	
<p>Введение</p>	
<p>1. Схема включения и принцип работы конденсационной установки</p>	
<p>2. Расчет конденсатора</p>	
<p>3. Автоматизация</p>	
<p>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	
<p>5. Социальная ответственность</p>	
<p>Заключение</p>	
<p>Список литературы</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.09.2016 г.
---	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Лавриненко Сергей Викторович			25.09.2016

Задание принял к исполнению студентка:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Дергачёв Илья Сергеевич		25.09.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Дергачёву Илье Сергеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Атомные и тепловые электростанции
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Эксплуатационные издержки энергоблока ВВЭР до модернизации
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расходование ресурсов до модернизации
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Единый социальный налог (ЕСН) 30%, ставка дисконтирования 10%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Оценка коммерческого потенциала, перспективности модернизации
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет капитальных затрат нового конденсатора с титановыми трубками
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет ЧПД, времени окупаемости, внутренней нормы доходности и индекса рентабельности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.10.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	С.И. Сергейчик	к.т.н., доцент		10.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Дергачёв Илья Сергеевич		10.10.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5012	Дергачёву Илье Сергеевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	Атомные и тепловые электростанции
Уровень образования	специалист	Направление/специальность	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: конденсатор К-33160
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p><i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p><i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты). 	<p><i>Производственная безопасность</i></p> <p><i>Вредные факторы производственной деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – ионизирующее излучение; – освещение; – микроклимат; – шум и вибрация; – электромагнитное излучение. <p><i>Опасные факторы производственной деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток; <p>пожарная опасность.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p><i>Экологическая безопасность</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – радиационное загрязнение; – химическое воздействие; – тепловое воздействие; <p>электромагнитное воздействие.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; 	<p><i>Воздействия на АЭС:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – сейсмическое воздействие; – падение самолета;

<ul style="list-style-type: none"> - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> – летящие предметы; – затопление.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;	Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.10.2016
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Ю.А. Амелькович	к.т.н., доцент		10.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5012	Дергачёв Илья Сергеевич		10.10.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа 110 с., 17 рис., 17 табл., 28 источников, 2 прил.

Ключевые слова: модернизация, конденсатор, МНЖ-5, ВТ1-0.

Объектом исследования является конденсатор энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000

Цель работы – провести расчет конденсатора с теплообменными трубками из титанового сплава ВТ1-0.

В процессе исследования проводились тепловой расчет конденсатора.

В результате исследования выявили более оптимальные геометрические размеры теплообменных трубок.

Степень внедрения: данный проект может быть использован на энергоблоках с реактором ВВЭР.

Область применения: конденсационная установка.

Данная модернизация экономически выгодна и окупаема.

На строящихся новых блоках, конденсаторы идут уже с трубками из титанового сплава.

Оглавление

Список обозначений и сокращений	16
Введение.....	17
1. Принципиальная схема и основное оборудование Ростовской АЭС.....	20
1.1 Конденсационная установка.....	26
1.2 Порядок работы и технического обслуживания.....	36
1.3 Модернизация конденсационной установки.....	39
1.4 Цели и задачи работы.....	40
2. Расчет конденсатора.....	41
2.1 Исходные данные	41
2.2 Уточнение геометрических параметров конденсатора.....	42
2.3 Уточнение конечного давления конденсатора.....	47
2.4 Пересчет теплотехнических параметров с учетом изменившегося конечного давления.....	50
3. Разработка системы теплотехнического контроля конденсатора.....	66
3.1 Контроль работы конденсационной установки.....	68
3.2. Разработка структуры и схемы теплотехнического контроля кон- денсатора.....	69
3.3 Выбор технических средств и составление заказной специфика- ции.....	71
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	73
4.1 Расчет затрат на основные материалы.....	73
4.2 Расчет численности рабочих по категориям.....	74
4.3 Расчёт фонда заработной платы.....	75
4.4 Расчет стоимости дополнительно выработанной электроэнер- гии.....	76
4.5 Расчет экономического эффекта модернизации.....	77
5. Социальная ответственность.....	80
5.1 Производственная безопасность.....	81

5.2 Экологическая безопасность.....	95
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	100
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	102
Заключение.....	106
Список использованных источников.....	107
Приложение А.....	110

ГРАФИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ:

ФЮРА.311115.001 ТЗ – Тепловая схема энергоблока ВВЭР-1000.

ФЮРА.331115.002 МЧ – Генплан энергоблока ВВЭР-1000.

ФЮРА.311374.003 ГЗ – Гидравлическая схема обвязки конденсаторов.

ФЮРА. 311374.004 СБ – Сборочный чертеж К-33160. (2 листа)

ФЮРА. 311374.006 С2 – Функциональная схема.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список обозначений и сокращений

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

АЭС - атомная электрическая станция;

БОУ – блочная обессоливающая установка;

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор;

КПД - коэффициент полезного действия;

ОД - охладитель дренажа;

ПВ – питательная вода;

ПВД – подогреватель высокого давления;

ПГ – парогенератор;

ПНД – подогреватель низкого давления;

ПП - промежуточный пароперегреватель;

ПТУ - паротурбинная установка;

С - сепаратор;

СТТК - система теплотехнического контроля;

ТВС – тепловыделяющая сборка;

ТВЭЛ – тепловыделяющий элемент;

ТПН - турбопитательный насос;

ТПС - термопреобразователь сопротивления;

ТЦ – турбинный цех;

ТЭС - тепловая электрическая станция;

ЭБ - энергоблок.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Введение

Ростовская АЭС относится к серии энергоблоков ВВЭР-1000 удовлетворяющих требованиям поточного строительства. Вся мощность АЭС направлена на покрытие потребностей Юга России, а также Северного Кавказа. Сорок процентов электроэнергии Ростовской области производится именно на РоАЭС. От станции по пяти ЛЭП-500 электроэнергия поступает в Волгоградскую и Ростовскую области. Так же эти ЛЭП обеспечивают электроэнергией Ставропольский и Краснодарский край. Город спутник (Волгодонск) питается по двум ЛЭП-220.

Основным видом деятельности Ростовской атомной станции является производство электрической энергии при соблюдении нормативных требований безопасности, надёжности, водоохранного законодательства, норм и правил водопользования.

Площадка РоАЭС расположена на южном берегу Цимлянского водохранилища, восточнее г. Волгодонска (13,5 км до перспективной границы города), на землях СПК «Новожуковский» Дубовского района Ростовской области. Город Волгодонск с жилыми микрорайонами связан с АЭС автодорогой с твердым покрытием, примыкающей к сети городских дорог, и железной дорогой, примыкающей к станции «Стройбаза» промышленного железнодорожного узла города.

Районный центр Дубовское расположен на расстоянии 36 км юго-восточнее промплощадки АЭС. Ближайшие крупные населенные пункты находятся на расстоянии: Цимлянск – 21 км, Зимовники – 51 км, Котельниково – 57 км.

В октябре 1979 года началось строительство станции, но в 1990г. Оно было приостановлена, и станция была законсервирована. Готовность первого энергоблока была почти девяноста пять процентов, тогда как второго всего тридцать. Так же за это время была сооружена фундаментная плита третьего

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

энергоблока и вырыт котлован для четвертого. В 2000г. От Госатомнадзора было получено разрешение на окончание строительство первого блока и последующую его эксплуатацию.

Так как первый блок является представителем довольно старой серии блоков, на нем проводятся различные программы увеличения выработки электроэнергии. На данный момент блок работает на мощности 104%.

Физпуск энергоблока №3 состоялся в ноябре 2014 г, энергопуск – в декабре 2014 г. Ведется строительство энергоблока №4.

Таблица 1 - Действующие энергоблоки Ростовской АЭС

Номер энергоблока	Тип реактора	Установленная мощность, МВт	Дата пуска
1	ВВЭР-1000	1000	30.03.2001
2	ВВЭР-1000	1000	16.03.2010
3	ВВЭР-1000	1070	27.12.2014

Безопасность АЭС обеспечивается за счет реализации следующих принципов:

- глубоко эшелонированной системы защитных барьеров, предотвращающих выход радионуклидов в окружающую среду: прочные тугоплавкие топливные таблетки, герметичные оболочки ТВЭЛов, герметичное оборудование и трубопроводы первого контура, система локализации аварии (защитная гермооболочка со спринклерной системой), локализирующая внутри себя радиоактивность, выделяющуюся в случае разрушения первых трех барьеров;

- трехканальное резервирование систем безопасности, когда каждый из каналов одной системы способен обеспечить выполнение функций, возложенных на систему в целом;

- функциональная независимость систем безопасности, основанная

на том, что каждый канал по давлению, электропитанию, отводу тепла, контролю, связан с независимыми от других каналов системами;

- территориальная независимость, основанная на том, что оборудование, трубопроводы, кабели электропитания и управления, а также другие элементы систем безопасности нигде не пересекаются, размещены в разных помещениях, удаленных друг от друга на максимально возможное расстояние;

- максимальное использование пассивных систем безопасности, функционирование которых связано только с вызвавшим их работу событием и не требует участия каких-либо активных устройств (энергоисточников, узлов управления и т. п.).

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Принципиальная схема и основное оборудование Ростовской АЭС

В состав действующего энергоблока №3 Ростовской АЭС входят:

- один водо-водяной энергетический реактор В-320 тепловой мощностью 3000 МВт;
- четыре парогенератора типа ПГВ-1000М;
- четыре главных циркуляционных насосов ГЦН-195М;
- турбоагрегат типа К-1000-60/1500-2 электрической мощностью 1000 МВт;
- турбогенератор ТВВ-1000 напряжением 24 кВ;
- пруд-охладитель.

В состав действующего энергоблока №3 и строящегося энергоблока №4 Ростовской АЭС входят:

- один водо-водяной энергетический реактор В-320 тепловой мощностью 3000 МВт с возможностью увеличения до 3120 МВт;
- четыре парогенератора типа ПГВ-1000М;
- четыре главных циркуляционных насоса ГЦН-1391;
- одна турбина К-1100-60/1500-2М, модернизированная до мощности 1070 МВт;
- генератор ТВВ-1000-4УЗ номинальной мощностью 1070 МВт напряжением 24 кВ;
- градирня.

Принципиальная схема энергоблока 1 РоАЭС представлена рисунке 1.

Первый контур - радиоактивный. Состоит из: реактора, четырех главных циркуляционных петель, четырех главных циркуляционных насосов, трубного пространства каждого из четырех парогенераторов и одного парового компенсатора давления.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

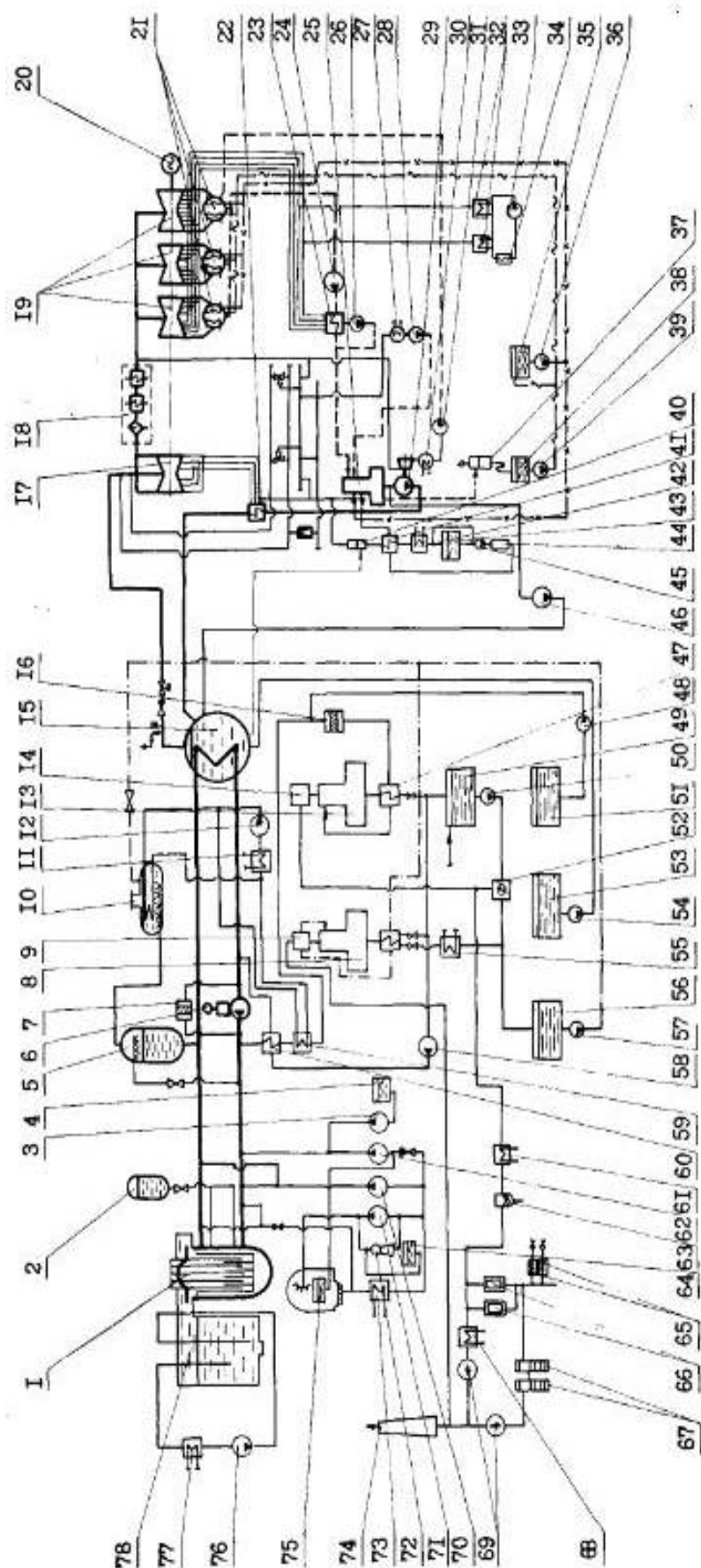


Рисунок 1 - Принципиальная тепловая схема энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР [1]

1. Реактор; 2. Емкость САОЗ; 3. Насос аварийного раствора бора; 4. Бак концентрированного раствора бора; 5. Компенсатор давления; 6. ГЦН; 7. Высокотемпературный фильтр; 8. Деаэратор борного регулирования; 9. Охладитель выпара; 10. Барботер; 11. Теплообменник промконтура; 12. Насос промконтура; 13. Деаэратор продувки подпитки; 14. Система сжигания водорода; 15. Парогенератор; 16. Ионообменная установка; 17. ЦНД; 20. Генератор; 21. Конденсатор; 22. ПВД; 23. ПНД; 24. Конденсатный насос; 25. Деаэратор; 26. Сливной насос ЦНД; 27. Технологический конденсатор; 28. Насос расхолаживания; 29. Питательный турбоагрегат; 30. Конденсатор; 31. Конденсатный насос; 32. Основной и цеховой бойлеры теплосети; 33. Насос теплосети; 34. Потребители; 35. Бак запаса обессоленной воды; 36. Насос обессоленной воды; 37. Расширитель дренажей; 38. Дренажный бак; 39. Дренажный насос машзала; 40. Расширитель продувки; 41. Регенеративный т/о продувки ПГ; 42. Доохладитель продувки ПГ; 43. Бак продувочной воды; 44. СВО; 45. Насос возврата продувочной воды; 46. Аварийный питательный насос; 47. Охладитель подпиточной воды; 48. Насос организованных протечек; 49. Бак борсодержащей воды; 50. Насос борсодержащей воды; 51. Прямоток организованных протечек; 52. Установка регенерации бора; 53. Бак запаса обессоленной воды; 54. Аварийный питательный насос; 55. Охладитель дистиллята; 56. Бак дистиллята; 57. Насос дистиллята; 58. Подпиточный насос; 59. Доохладитель продувки; 60. Регенеративный теплообменник продувки; 61. Теплообменник системы вентиляции; 62. Насос аварийного впрыска бора; 63. Самоочищающийся фильтр; 64. Бак раствора реагентов; 65. Электрокалориферы; 66. Цеолитовые фильтры; 67. Адсорбционные фильтры; 68. Теплообменник системы вентиляции; 69. Газодувки; 70. Насос аварийного расхолаживания; 71. Спринклерный насос; 72. Водоструйный насос; 73. Теплообменник аварийного расхолаживания; 74. Вентиляционная труба; 75. Бак аварийного запаса бора; 76. Насос расхолаживания бассейна выдержки; 77. Теплообменник расхолаживания бассейна выдержки; 78. Бассейн выдержки.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Второй контур РоАЭС не является радиоактивным. Пар, производимый в парогенераторах поступает по паропроводам свежего пара к турбоагрегату, в который входят такие элементы, как турбогенератор, турбоустановка, регенеративные подогреватели, насосы и конденсатор.

Вода первого контура (теплоноситель) проходя через активную зону, нагревается и поступает в парогенератор по главному циркуляционному паропроводу. В трубном пространстве она отдает свою энергию воде второго контура. После теплоноситель возвращается в активную зону. Для последующего нагрева. Циркуляция воды в трубопроводе осуществляется главным циркуляционным насосом. Колебания давления и температуры воды первого контура воспринимаются компенсатором объема.

Водный режим первого контура поддерживается путем постоянной очистки теплоносителя первого контура от радиоактивных продуктов коррозии на высокотемпературных механических фильтрах установки СВО-1, расположенных на байпасе каждого ГЦН и подачей в контур химреагентов: едкого калия, гидразина, аммиака и др.

Очистка организованных протечек и продувочной воды первого контура от продуктов коррозии конструкционных материалов, радионуклидов и химических примесей производится на ионообменных фильтрах установки СВО-2.

Протечки теплоносителя как организованные, так и неорганизованные, очищаются и снова используются в цикле первого контура.

Сдувки радиоактивных газов из технологического оборудования первого контура направляются на спецгазоочистку, после чего выбрасываются в вентиляционную трубу.

Из паропроизводительной части парогенераторов пар по главным паропроводам через стопорно-регулирующие клапана попадает в турбину.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Проходя через цилиндр высокого давления и три цилиндра низкого давления, пар отдает свою энергию турбине. При этом происходит переход тепловой энергии в энергию вращения ротора турбины. Генератор, сидящий на одном валу с ротором турбины, преобразует механическую энергию вращения ротора в электрическую.

Отработанный пар, после прохождения через турбину, попадает в конденсатор, где конденсируется за счет охлаждения циркуляционной водой.

Конденсат из конденсатора конденсатными насосами первой ступени подается на блочную обессоливающую установку. Пройдя очистку в БОУ конденсат поступает на всас КН II ступени. Далее конденсат конденсатными насосами через подогреватели низкого давления, подается в деаэратор. При прохождении через ПНД конденсат нагревается за счет пара из отборов турбины.

В деаэраторе происходит деаэрирование и подогрев основного конденсата за счет встречного движения поступающего конденсата и пара из отбора турбины.

Из деаэратора двумя питательными турбонасосами питательная вода через подогреватели высокого давления подается в парогенераторы.

Контур циркуляционной воды является замкнутым. Охлажденная циркуляционная вода на конденсаторы основной турбины и техвода неответственных потребителей машзала поступает по подводящему каналу к объединенной насосной станции через аванкамеру. Из аванкамеры вода подводится в поперечный водоподводящий канал через устройства механической очистки. Из поперечного водоподводящего канала вода забирается тремя насосами основной охлаждающей воды и перекачивается по напорным трубопроводам Ду2800 на конденсаторы турбины, ТПН и вспомогательное оборудование машзала. После конденсаторов турбины и неответственных потребителей машзала вода по сливным водоводам поступает в аванкамеру объединенной насосной станции. Из аванкамеры

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

вода подводится в поперечный водоподводящий канал через устройства механической очистки. Из поперечного водоподводящего канала вода забирается четырьмя насосами и подается на градирню для охлаждения.[1]

На каждый энергоблок предусматривается отдельная градирня.

Восполнение протечек производится водой Цимлянского водохранилища насосными станциями добавочной воды.

Поддержание водного режима ПГ достигается продувкой части её в расширитель с последующим охлаждением, очисткой на ионообменных фильтрах СВО-5 и возвратом во второй контур.

В режиме нормальной эксплуатации подача энергии на собственные нужды осуществляется от турбогенератора.

В режиме нормальной эксплуатации потребители САЭ получают питание от системы электроснабжения собственных нужд нормальной эксплуатации. При исчезновении напряжения на источниках электроснабжения нормальной эксплуатации, электроснабжение потребителей САЭ осуществляется от автономных источников аварийного электроснабжения, в качестве которых в каждом канале предусмотрены дизель-генератор и аккумуляторная батарея.

Все оборудование первого контура, работающее на горячем теплоносителе, заключено в герметическую оболочку, рассчитываемую на удержание активного теплоносителя, газовой активности и твердых осколков при внезапных разуплотнениях трубопроводов первого контура, включая максимальную аварию - разрыв трубопровода главной реляционной петли.

Технологическая схема реакторного отделения включает в себя ряд подсистем, основными из которых являются следующие:

- подсистема реакторной установки;
- подсистема продувки - подпитки первого контура;
- подсистема трубопроводов дистиллята;
- подсистема сбора организованных протечек первого контура;

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- подсистема газовых сдувок;
- подсистема аварийного и планового расхолаживания первого контура и снижения давления в герметичной оболочке;
- подсистема охлаждения бассейна выдержки;
- подсистема паропроводов и питательных трубопроводов;
- подсистема сжигания водорода;
- подсистема очистки первого контура (СВО-1 и СВО-2).

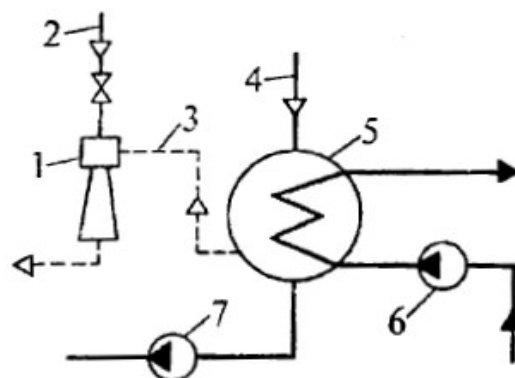
Все подсистемы реакторного отделения образуют единый комплекс и находятся во взаимосвязи в различных режимах работы АЭС.

1.1 Конденсационная установка

В состав конденсационной установки энергоблока №1 Волгодонской АЭС входят три поверхностных конденсатора, воздухоудаляющие устройства (основные и пусковые эжекторы), конденсатные насосы, циркуляционные насосы, водяные фильтры предварительной очистки, система шариковой очистки трубок конденсаторов, арматура и трубопроводы.

Отработавший в турбине пар направляется в конденсатор. Процесс конденсации осуществляется в конденсаторах из-за нагрева охлаждающей воды, циркулирующей в трубках конденсатора, температура которой ниже температуры насыщения пара, попадающего в конденсатор. Конденсация пара осуществляется при любом давлении, однако чем ниже давление конденсации, тем выше тепловая экономичность всего блока. При увеличении давления в конденсаторе на $0,01 \text{ кгс/см}^2$ от текущего значения экономичность тихоходной турбины К-1000-60/1500-2 (обороты ротора 1500 об/мин) снижается на 1% (для быстроходных турбин при этом экономичность снижается на 1,5 – 2,0 %).

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26



1-пароструйный эжектор
2-подвод пара к эжектору
3-отсос паровоздушной смеси
4-пар из выходного патрубка турбины
5-поверхностный конденсатор
6-циркуляционный насос
7-конденсатный насос

Рисунок 2 - Схема конденсационной установки [3]

Пар (4) отработавший в турбине поступает в объем конденсатора (5) из выходного патрубка. Вода в трубках прокачивается циркуляционным насосом (6). Таким образом, появившийся конденсат стекает в нижнюю часть конденсатора (конденсатосборник) и конденсатными насосами (7) возвращается в цикл. Для удаления неконденсируемых газов и создания начального вакуума предусмотрены пароструйные эжекторы (1), так как в конденсаторе глубокий вакуум и в него через неплотности поступает воздух, поэтому эжекторы должны работать непрерывно. [3]

Величинами, характеризующими качество процесса теплообмена в конденсаторах, являются:

- температурный напор, его значение не должно превышать 9 °С. Температурный напор — это разность температур между температурой насыщенного пара на входе в конденсатор и температурой уходящей охлаждающей воды на выходе из конденсатора. Увеличение температурного напора свидетельствует о загрязнении поверхностей теплообмена.

- нагрев охлаждающей воды в конденсаторе, который не должен превышать 12 °С. Увеличение нагрева свидетельствует о недостаточности расхода охлаждающей воды, также и уменьшение нагрева менее 10 °С также

свидетельствует об избыточности охлаждающей воды по отношению к количеству, подаваемого в конденсаторы пара (особенно в зимнее время) и необходимо разгружать циркуляционные насосы (снижать их производительность).

- переохлаждение конденсата – это разность между температурой пара в конденсаторе, которая равна температуре насыщения при данном давлении, и температурой конденсата в конденсатосборниках. Значение переохлаждения не должно превышать 2 °С, так как более холодный конденсат хуже деаэрируется, а также требуются в последующем большие энергозатраты на нагрев более холодного основного конденсата. Это явление очень заметно в зимнее время, когда температура охлаждающей воды стремиться к 0 °С, что приводит к снижению удельной выработки турбогенератора в среднем на 3 – 5 МВт по сравнению с выработкой при температуре охлаждающей воды 10 – 15 °С.

Уровень конденсата в конденсаторах поддерживается в заданных пределах регулирующими клапанами, так как повышение уровня приводит к затоплению трубок и снижению поверхности теплообмена, а понижение уровня менее допустимого может привести к срыву конденсатных насосов 1 ступени.

Выхлоп отработавшего в турбине пара осуществляется из каждого ЦНД в свой конденсатор. Каждый конденсатор присоединяется с помощью переходного патрубка к выхлопному патрубку ЦНД.

Каждый конденсатор состоит из двух половин, для возможности отключения по воде одной из половин конденсатора, например, при необходимости поиска протечек сырой воды в вакуумную часть. Отключение по охлаждающей воде половин конденсатора заключается в отключении соответствующего циркуляционного насоса.

Конденсаторы подвального исполнения, расположены перпендикулярно оси турбины. Конструкция переходного патрубка обеспечивает пере-

пуск пара в одну из половин корпуса конденсатора при отключении по воде другой половины.

Конденсаторы опираются на гибкие стержневые опоры, воспринимающие массу конденсатора в рабочем состоянии.

Конденсаторы типа К-33160 двухходовые и двухпоточные по охлаждающей воде, суммарная теплообменная поверхность одного конденсатора 33160 м², суммарная трех конденсаторов - 3 х 33160 м².

Охлаждающая поверхность образуется из трубок диаметром 28 х 1 и 28 х 2 длиной 14060 мм, изготовленных из медно-никелевого сплава марки МНЖ 5-1. Количество трубок в одном конденсаторе 26940 шт. Расход охлаждающей воды через три конденсатора составляет 3 х 56600 м³/ч. Гидравлическое сопротивление по водяной стороне при номинальном расходе охлаждающей воды (56600 м³/ч) – 7,6 м в.ст.

Корпуса конденсаторов сварные, поставляются на электростанцию в виде крупных транспортабельных блоков, сборочных единиц и панелей. Контрольная сборка корпусов конденсаторов производится на предприятии-изготовителе.

Конденсатор, тип 33160

- 1-корпус
- 2-трубные доски
- 3-охлаждающие трубки
- 4-поворотная водяная камера
- 5-перегородка
- 6-входная водяная камера
- 7-выходная водяная камера
- 8-трубопровод подвода охлаждающей воды
- 9-трубопровод отвода охлаждающей воды
- 10-горловина

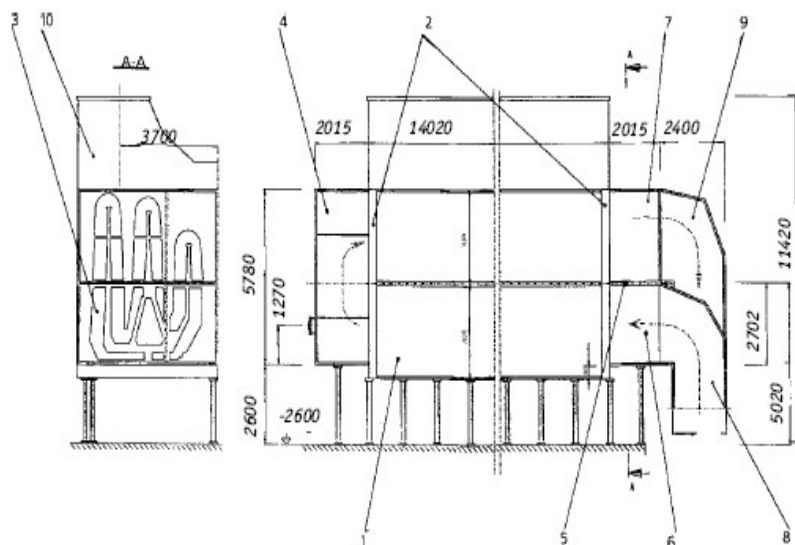


Рисунок 3 - Устройство конденсатора [3]

Трубные доски конденсатора, в которых закреплены теплообменные трубки, присоединены к корпусу. Компоновка трубного пучка выбрана лен-

точной, с достаточным пространством для прохода пара. Поворотные водяные камеры крепятся к внешним поверхностям трубных досок. Передняя водяная камера разделена перегородкой на входную и выходную. Охлаждающая вода поступает в входную водяную камеру, по трубкам доходит до задней поворотной камеры, разворачивается на 180 градусов и по трубкам поступает в выходную часть передней водяной камеры. Такая конструкция называется двухходовой. По данной схеме выполнено большинство конденсаторов на существующих энергоблоках. [3]

Из-за присосов воздуха из атмосфера, в конденсаторе осуществляется конденсация не чистого пара, а пара, содержащего различные газы и воздух. Неконденсируемые газы удаляются из парового пространства эжекторами.

Наибольшее допустимое абсолютное давление внутри водяного пространства конденсатора составляет $2,0 \text{ кгс/см}^2$, наименьшее – $0,15 \text{ кгс/см}^2$.

При повышении давления в паровом пространстве любого конденсатора более $0,23 \text{ кгс/см}^2$ (абс.) предусмотрена технологическая защита на отключение турбоустановки: закрываются стопорные и регулирующие клапана и заслонки ГПЗ и задвижки на подаче греющего пара на вторую ступень СПП. Связано это с тем, что при повышении давления в конденсаторе повышается и температура конденсируемого пара, проходящего через последнюю ступень ЦНД и соответственно растет температура металла лопаток последней ступени. Так как длина лопаток последней ступени ЦНД очень велика и составляет 145 см, то последующие температурные расширения могут привести к задеваниям в проточной части турбины вращающихся лопаток о неподвижные части и к тяжелой аварии.

Повышенная водяная плотность корпусов конденсаторов достигается благодаря развальцовке трубок в концевых трубных досках и нанесению уплотняющего покрытия по технологии «РОКОР» (разработка отечественного предприятия НПО «РОКОР» г. Санкт-Петербург) на наружную поверх-

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ность концевых трубных досок после развальцовки в них концов охлаждающих трубок.

Масса конденсационного устройства:

- 1) конденсаторы без воды, включая опоры и пароприемные устройства – 3 х 653 т;
- 2) конденсаторы с заполненным водяным пространством – 3 х 1020т;
- 3) конденсаторы, полностью заполненные водой в паровом пространстве до выхлопных патрубков ЦНД – 3 х 1780 т (заполнение парового пространства конденсаторов водой применяется в период планового ремонта турбоагрегата для проверки плотности трубной системы).

Величина присоса охлаждающей воды в паровое пространство конденсаторов не должна превышать 0,001% от массового расхода пара в конденсатор. Содержание кислорода в конденсате после конденсаторов не превышает 30 мкг/кг.

При увеличении протечек сырой воды (например, при разрыве трубки), соли, содержащиеся в ней, устремляются во 2 контур и серьезно ухудшают водно-химический режим, так как возможности БОУ уже не позволяют своевременно их удалить. Повышение солесодержания в рабочей среде 2 контура приводит к коррозии металла теплообменных трубок парогенераторов, внутренних поверхностей трубопроводов и оборудования.

Для ликвидации данного нарушения приходится снижать нагрузку турбоустановки и отключать один циркуляционный насос, подающий воду на ту половину конденсатора, на которой средствами автоматического химического контроля обнаружилось повышенное солесодержание. После выявления поврежденной трубки ее заглушают с обеих сторон.

После чего вновь включают циркуляционный насос и восстанавливают нагрузку турбины до номинальной.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Если течь невелика, то в настоящее время в период планово-предупредительного ремонта наносят специальное покрытие внутри трубки на всю длину по технологии «РОКОР» и выполняют ее восстановление.

Конденсаторы выполняют и другие функции, например, при пуско-остановочных режимах энергоблока мощность реакторной установки составляет 30 - 35% от номинальной и вырабатываемый парогенераторами пар через БРУ-К направляется через пароприемные устройства в конденсаторы. Также в конденсаторы направляются и другие различные потоки рабочей среды.

Дополнительные функции и устройства, установленные в конденсаторах:

1) пароприемное устройство (ППУ) дроссельно –охлаждающего типа для приема пара с параметрами 10 кгс/см² и температурой 180 °С, сбрасываемого через БРУ-К в пуско-остановочных режимах работы турбоустановки. Параметры свежего пара снижаются до вышеуказанных значений за счет дроссельных устройств, установленных на паропроводах после БРУ-К. Максимальное количество пара, которое могут пропустить все четыре БРУ-К – 3600 т/ч. В случае повышения давления в конденсаторах более 0,23 кгс/см² (абс.) система автоматического управления турбиной дает запрет на открытие БРУ-К и команду на закрытие, если БРУ-К не закрыты.

Для охлаждения сбрасываемого пара перед пароприемными устройствами предусматривается подвод конденсата от конденсатных насосов 2 ступени к увлажнителю пара.

Температура пара за ППУ поддерживается в диапазоне 70 – 90 °С подачей основного конденсата к кольцевым форсункам увлажнителя пара;

2) ввод химически очищенной воды (ХОВ) для компенсации потерь рабочей среды 2 контура. Максимальный расход ХОВ в конденсаторы 250 т/ч. В конденсаторах одновременно выполняется и деаэрация подпиточной

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

ХОВ, за счет подачи ХОВ в паровое пространство конденсаторов по горизонтальным перфорированным трубам;

3) прием КГП из ПНД-1 - ПНД-4 в пуско-остановочных режимах турбины;

4) прием КГП ПСВ теплофикационной установки в количестве 360 т/ч;

5) прием в конденсаторы среды из системы дренажей турбоустановки. В качестве промежуточных приемных устройств используется, охлаждаемый конденсатом от напорного коллектора КЭН- 2 ступени, расширительный бак (РБ-9) дренажей турбины с объемной вместимостью 9 м³.

6) прием дренажа из дренажного бака машзала в количестве 90 т/ч и с температурой 60 °С. Дренажный бак предусмотрен для сбора всех дренажей и организованных протечек машзала;

7) - прием технологических дренажей систем второго контура.

Воздухоудаляющее устройство, обеспечивающее нормальный процесс теплообмена в конденсаторе, состоит из трех основных пароструйных эжекторов, трех пароструйных пусковых эжекторов, предназначенных для быстрого снижения давления в конденсаторе до 0,221 кгс/см² (абс.) и четырех пароструйных пусковых эжекторов циркуляционной системы, предназначенных для отсоса воздуха при заполнении циркуляционной системы водой перед пуском циркуляционных насосов и при скоплении его в верхних точках сливных циркуляционных трубопроводов. [5]

Для отсоса пара из крайних камер лабиринтовых уплотнений турбины устанавливается специальный эжектор уплотнений.

Источником питания эжекторов служит пар деаэраторов. Все эжекторы включены параллельно.

Для очистки от механических примесей, содержащихся в охлаждающей воде, на каждом входном циркуляционном трубопроводе конденсаторов установлены автоматические самоочищающиеся фильтры предварительной очистки (ФП)

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

фирмы «TAPROGGE» (производство Германия), тип фильтра PR-BW 800, ячейка сетки фильтра 5 мм.

Для очистки трубных досок и внутренней поверхности теплообменных трубок установлены системы очистки эластичными шариками (СШО) и сита для сбора шариков.

СШО установлены на каждой половине конденсаторов. Устройство шариковой очистки работает в автоматическом режиме и тоже производства фирмы «TAPROGGE».

Применение вышеуказанных устройств значительно повышает эффективность эксплуатации конденсационной установки особенно в летний период, когда вместе с охлаждающей водой поступает большое количество травы, водорослей и ила.

Загрязнение теплообменных поверхностей ухудшает процесс теплообмена в конденсаторах, в результате чего повышается давление в конденсаторах (ухудшается вакуум) и как следствие, снижается электрическая мощность, вырабатываемая турбиной.

Помимо ухудшения теплообмена загрязнения трубок приводят к следующим последствиям:

- разрушению защитного окисного слоя с последующей точечной коррозией материала трубок;
- повышению местной скорости воды на участках, где застряли крупные частицы, с возникновением быстро прогрессирующей эрозии поверхностного слоя;
- увеличении потерь давления из-за забивания трубок;

Применение системы шарикоочистки позволяет:

- увеличить мощность турбоустановки в среднем на 2%;
- остановить коррозию охлаждающих трубок;
- избежать отложений в трубках;
- снизить эрозионный износ трубных поверхностей;

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

- исключить трудоемкие очистки конденсаторов и химические промывки.

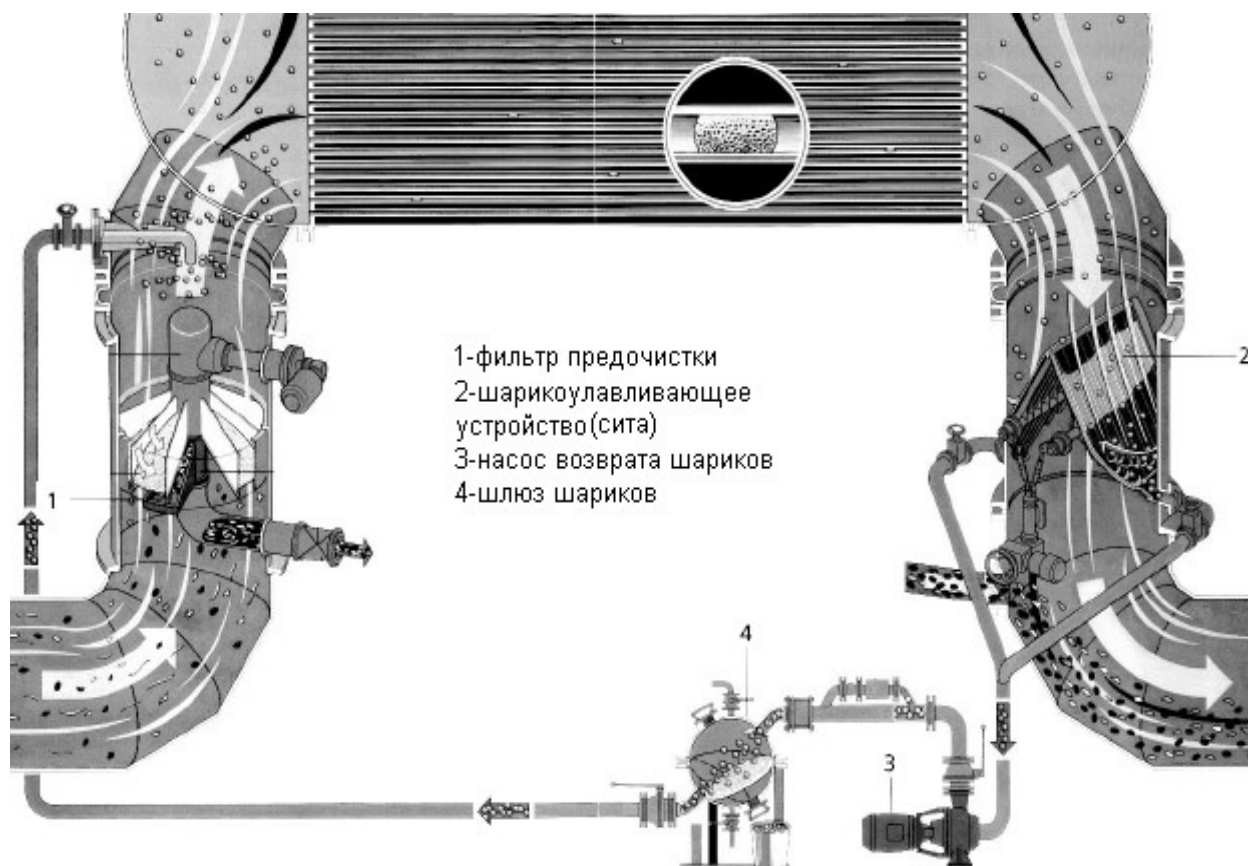


Рисунок 4 - Схема шарикоочистки производства фирмы «TAPROGGE» [1]

В данной установке пористые резиновые шарики, размер которых немного больше, чем внутренний диаметр охлаждающих трубок, перемещаются потоком циркуляционной воды через конденсатор. Тем самым охлаждающие трубки остаются свободными от загрязнений и отложений. При помощи ситового устройства эластичные шарики удаляются из потока циркуляционной воды, отсасываются насосом и через шлюз снова направляются во входную камеру конденсатора после фильтра предочистки. Одновременно с очисткой внутренних поверхностей трубок шарики способствуют очистке и трубных досок.

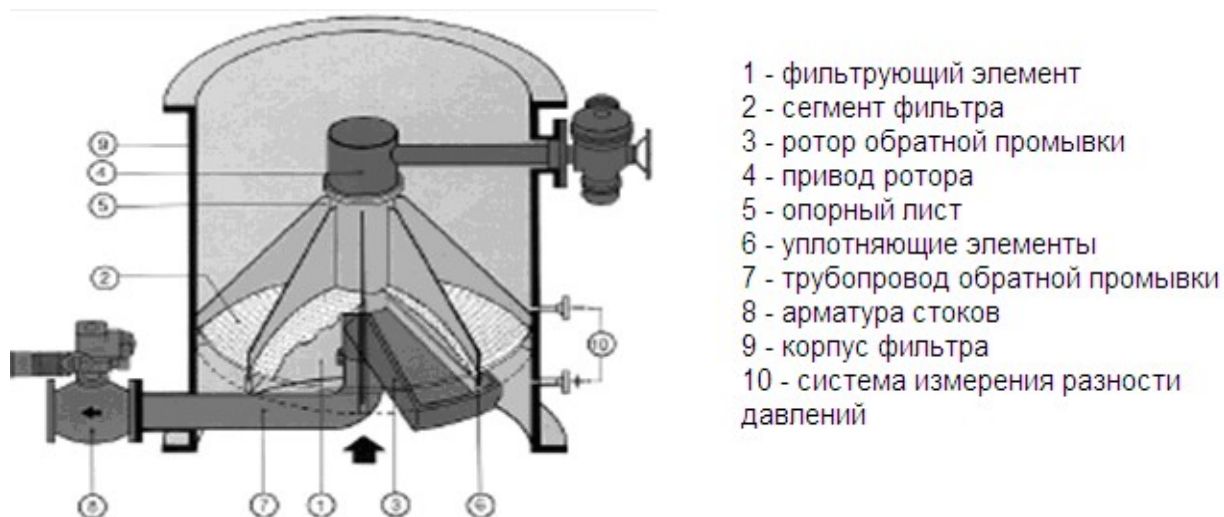


Рисунок 5 - Схема фильтра предочистки [1]

При повышении перепада давления на сетке более 100 Мбар автоматически включается ротор обратной промывки (3). Ротор приводит в действие лоток сбора мусора, который собирает скопившийся мусор с передней стороны сетки по ходу движения воды и сбрасывает его в сливной циркуляционный трубопровод через арматуру (8), которая тоже открывается по сигналу повышения перепада давлений. После снижения перепада давлений на фильтрующей сетке менее требуемой уставкой закрывается арматура на сбросе мусора и отключается ротор обратной промывки.

1.2 Порядок работы и технического обслуживания

Опробование защит и блокировок выполнять по рабочим программам «Комплексная проверка технологических защит и блокировок (ТО-9) турбинного отделения. Компасная проверка технологических защит турбины. Энергоблока № 1 Ростовской АЭС», «Комплексная проверка технологических защит и блокировок (ТО-9) турбинного отделения. Компасная проверка технологических блокировок арматуры и механизмов. Энергоблока № 1 Ростовской».

Опробование ТЗ и Б должно производиться в соответствии с требованиями «Рабочего технологического регламента безопасной эксплуатации энергоблока № 1 Ростовской АЭС» (РГ.3.01).

При проверке ТЗиБ должна проверяться реализация всех входных и выходных условий.

Опробование ТЗиБ выполняется персоналом смены ТЦ-1, ЦТАИ-1, ЭЦ-2 по разрешенной заявке с разрешения НСБ-1, под руководством НСТЦ-1 с записью результатов в «Журнале проверок ТЗ и Б» и оперативных журналах НСТЦ-1 и НСБ-1.

Оперативное обслуживание оборудования.

При эксплуатации конденсаторов контролировать соответствие параметров работы оборудования номинальным параметрам;

НСТЦ-1 совместно с ВИУТ-1 должен производить анализ:

- распечаток важнейших параметров машзала (протоколов РВП) два раза в смену;
- распечаток протоколов регистрации аналоговых сигналов в случае отклонения параметров системы от номинальных;
- распечаток протоколов регистрации аналоговых и дискретных сигналов в случае проведения работ по отдельным программам (в объеме, указанном в данных программах).

При эксплуатации энергоблока производить осмотры оборудования и арматуры системы на предмет выявления дефектов и своевременного их устранения, с оформлением записей в оперативных журналах.

Пусковые операции конденсационной установки очень тесно связаны с пусковыми операциями всей турбоустановки или энергоблока, поэтому операции пуска конденсатора непоследовательны, а разделены различными промежутками времени, в результате чего, запускается другое оборудование турбоустановки. Данные промежутки времени известны.

Первичной пусковой операцией является проверка на наполненность водой конденсатора и деаэратора. Если какой то сосуд является пустым, то следует заполнить его из соответствующего бака запаса до необходимой отметки.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Далее следует:

- проверка положения задвижек на тракте циркуляционной воды относительно инструкции по эксплуатации;
- включить сифон и пароструйные эжектора в работу;
- запустить циркуляционные насосы, если на насосах установлены поворотно-лопастные диски, повернуть лопатки под соответствующим углом, перед пуском;
- если насос центробежный, то установить расход воды через конденсатор, для нормальной работы насоса;
- включить эжекторы циркуляционной системы, если разрежение в циркуляционных трубопроводах недостаточно;
- запустить конденсационные насосы с подачей через линию рециркуляции в конденсатор, при наличии блочно-обессоливающей установки, запускать насосы первого и второго подъема;
- включить регулятор уровня в конденсаторе и, подавая в конденсатор обессоленную воду из БЗК, заполнить деаэратор, бустерные и главные питаельные насосы;
- запустить эжектор уплотнений и подать пар на сами уплотнения;
- запустить пусковые и основные эжекторы, начать набор вакуума и выключить пусковой эжектор после достижения нормы.

Если необходимо остановить турбоустановку, то конденсационная установка выключается из работы одной из последних.

После завершения подачи пара в турбину и закрытия задвижек необходимо:

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- остановить основной эжектор, после полной остановки ротора турбоагрегата;
- выключить КЭН первого и второго подъема;
- после охлаждения выхлопного патрубка цилиндра низкого давления выключить циркуляционные насосы.

1.3 Модернизация конденсационной установки

В настоящее время на атомных станциях концерна ведутся большие работы по замене теплообменных трубок теплообменного оборудования второго контура из медесодержащих сплавов на нержавеющую сталь или на титановые сплавы. Связано это с тем что при ведении технологического процесса медь, содержащаяся в теплообменных поверхностях, вымывается, а также разъедается рабочей средой второго контура, в которую дозируется гидразин.

Дозировка гидразина в рабочую среду ведется для защиты внутренних поверхностей оборудования и трубопроводов, так как гидразин, реагируя с железом образует стойкую окисную пленку, называемую магнетит (Fe_3O_4) и нейтрализует кислород, попавший в контур.

Но при этом гидразин под воздействие высокой температуры (более 100 °С) разлагается на аммиак, который растворяет медь, содержащуюся в медно-никелевых сплавах (МНЖ-5).

В результате растворенная медь попадает в воду второго контура и вызывает коррозию теплообменных трубок теплообменного оборудования.

Эти обстоятельства вынуждают проектные организации искать новые материалы для поверхностей теплообмена оборудования и на строящихся блоках С все теплообменное оборудование (ПВД, ПНД, теплообменники эжекторов и т.д.) выполнено из нержавеющей стали, а трубки конденсаторов из титановых сплавов.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

После успешной модернизации конденсатора на 4 блоке Балаковской АЭС, а в частности замены медесодержащих трубок на титановый сплав BT1-0, а также замены трубных досок из биметаллического сплава сталь 09Г2С-13 – титан BT 1-0, было принято решение, по модернизации соответствующего оборудования на первом блоке РоАЭС в период ППР 2015 года.

Были получены заключения от РосТехНадзора и Центрального научно-исследовательского института исследования конструкционных материалов «Прометей», что использование данных материалов не ухудшит работу конденсационного оборудования.

1.4 Цели и задачи работы

Цель работы – проанализировать эффективность модернизации конденсационной установки Ростовской АЭС.

Задачи:

- Провести анализ методов повышения интенсивности теплообмена и сформулировать предложения по повышению эффективности использования конденсационной установки;
- Провести технико-экономический анализ эффективности использования конденсационной установки на РоАЭС;
- Провести расчет конденсатора. Определить параметры отработавшего пара, мощность и площадь поверхности теплообмена, геометрические размеры и параметры конденсатора. Представить конструкцию проектируемого конденсатора на чертеже;
- Определить экономические затраты на модернизацию конденсационной установки;
- Проанализировать рабочие места в турбинном отделении на предмет выявления основных опасностей и вредностей, оценить степень воздействия их на персонал и природную среду;
- Сформулировать основные выводы работы.

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Рассмотрим экономический эффект от замены материала теплообменных трубок из медно-никелевого сплава МНЖ-5 на трубки из титанового сплава BT0-1.

Модернизация конденсаторов турбин российских АЭС с ВВЭР-1000 становится весьма актуальной при современной тенденции продления срока службы энергоблоков сверх проектного значения - предполагаемое продление ресурса составляет 30 лет.

Положительный опыт эксплуатации оборудования второго контура российских и зарубежных АЭС с теплообменными поверхностями, выполненными из нержавеющей или титановых сплавов, подтверждает необходимость замены всего медесодержащего оборудования конденсатно-питательного тракта турбин. Негативные последствия применения сплава МНЖ5-1 связаны со следующими факторами:

- снижением теплообменных поверхностей;
- экономическими потерями, связанными с необходимостью снижения мощности или останова энергоблока для поиска и устранения протечек;
- экономическими потерями по причине выполнения работ по замене поврежденного оборудования;
- повышенной нагрузкой БОУ и, как следствие, более частой заменой дорогостоящих расходных материалов.

4.1 Расчет затрат на основные материалы

Диаметр трубки $d_n = 28$ мм, толщина трубки $\delta_{ст} = 0,5$ мм, плотность сплава $\rho_{сплав} = 4505$ кг / м³, стоимость сплава $C_{сплав} = 2400$ руб / кг.

Масса одной трубы из сплава:

					ФЮРА.311374.000 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$m_{тр} = \rho_{сплава} \cdot V_m,$$

где V_m - объем материала трубы:

$$V_m = S_{тр} \cdot l = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot l = \frac{\pi}{4} \cdot (28^2 - 27^2) \cdot 14 = 6,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3;$$

$$m_{тр} = 4505 \cdot 4,78 \cdot 10^{-4} = 2,2 \text{ кг}.$$

Масса трубного пучка из сплава:

$$M_{тр.п.} = m_{тр} \cdot L_{тр} = 2,7 \cdot 26900 = 74 \text{ т}.$$

Стоимость пучка труб:

$$C_{тр.п.} = M_{тр.п.} \cdot C_{сплав} = 73 \cdot 10^3 \cdot 2400 = 177 \text{ млн.рублей}.$$

Необходимо учесть дополнительную обработку труб (прошивка слитка, прокат труб). Расходы на дополнительную обработку равны 15-ти процентам от основной стоимости трубного пучка.

$$C_{обр} = C_{тр.п.} \cdot 0,15 = 173 \cdot 10^6 \cdot 0,15 = 26 \text{ млн.рублей}.$$

Найдем объём, массу и стоимость сдаваемых МНЖ трубок:

$$V_{мнж} = S_{тр} \cdot l = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot l \cdot L_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (28^2 - 26^2) \cdot 14 \cdot 26940 = 32,1 \text{ м}^3,$$

$$m_{мнж} = 8600 \cdot 32,1 \cdot 3 = 828 \text{ т}.$$

$$C_{тр.мнж} = m_{мнж} \cdot C_{сплав} = 828 \cdot 150000 = 124 \text{ млн.рублей}.$$

Материальные затраты на модернизацию конденсаторов составили:

$$Мат.зат = (C_{тр.п.} + C_{обр}) \cdot 3 - C_{тр.мнж} = (176 + 26) - 124 = 485 \text{ млн.рублей}$$

4.2 Расчет численности рабочих по категориям

Произведем расчет основных рабочих участвующих в замене трубного пучка:

$$P_{расч}^{осн} = \frac{T_o}{F_{др}},$$

где T_o - трудоемкость выполняемой работы;

$F_{\text{др}}$ - действующий фонд рабочего времени одного работающего.

$$P_{\text{расч}}^{\text{осн}} = \frac{2880 \text{ чел / час}}{240 \text{ час}} = 12 \text{ чел.}$$

Списочная численность:

$$P_{\text{сп}}^{\text{осн}} = P_{\text{расч}}^{\text{осн}} \cdot k = 12 \cdot 1,1 = 13 \text{ чел.}$$

где $k = 1,1$ - коэффициент, учитывающий не выходы на работу по уважительной причине.

Кроме основных рабочих, непосредственно принимают участие в модернизации вспомогательные рабочие и персонал станции.

Численность вспомогательных рабочих определяется, укрупнено в размере 28-32% от численности основных рабочих:

$$P_{\text{сп}}^{\text{всп}} = P_{\text{расч}}^{\text{осн}} \cdot 30\% = 12 \cdot 0,3 = 3 \text{ чел.}$$

Численность инженерно-технических работников и служащих укрупнено, может быть определено в размере 8-12% от численности всех рабочих (основных и вспомогательных):

$$P_{\text{сп}}^{\text{итр}} = (P_{\text{расч}}^{\text{осн}} + P_{\text{сп}}^{\text{всп}}) \cdot 8\% = (13 + 3) \cdot 0,08 = 1 \text{ чел.}$$

Общая численность работающих на замене трубного пучка:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{сп}}^{\text{осн}} + P_{\text{сп}}^{\text{всп}} + P_{\text{сп}}^{\text{итр}} = 13 + 3 + 1 = 17 \text{ чел.}$$

4.3 Расчет фонда заработной платы

Основная заработная плата производственных рабочих отражает заработную плату рабочих и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в модернизации:

$$ЗП_{\text{осн}} = ЗП_{\text{ср.мес}} \cdot P_{\text{об}} \cdot 3 \text{ мес} = 25000 \cdot 17 \cdot 3 = 1,275 \text{ млн.рублей,}$$

где $ЗП_{\text{ср.мес}}$ - средняя месячная заработанная плата одного производственного работающего.

К дополнительной заработной плате относятся оплата очередных и дополнительных отпусков, компенсации за неиспользуемый отпуск, оплата перерывов в работе кормящих матерей, оплата за время, использованное работником на выполнение государственных и общественных обязанностей, и другие выплаты, предусмотренные трудовым законодательством, за не проработанное на производстве время.

Дополнительная заработная плата укрупнено берется 9% от основной заработной платы:

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 9\% = 1,275 \cdot 10^6 \cdot 0,09 = 114750 \text{ рублей.}$$

В случае превышения заработной платы работников над нормативной, для последующих расчетов берется нормативная заработная плата с пересчетом превышения.

Отчисления на социальные нужды начисляются с основной и дополнительной заработной платы:

$$ЗП_{отч} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 31,7\% = (1,275 \cdot 10^6 + 114750) \cdot 0,317 = 440551 \text{ рублей.}$$

где 31,7% - коэффициент, учитывающий отчисления: в пенсионный фонд - 22%; в соцстрах - 2,9%; в медицинское страхование - 5,1%; отчисление от несчастного случая - 1,7%(АЭС).

4.4 Расчет стоимости дополнительно выработанной электроэнергии

При модернизации конденсатора базового объекта давление в конденсаторе составит 0,0036 Мпа. При пересчете тепловой схемы, было выяснено, что прибавка к электрической мощности составит 10 МВт.

Найдем дополнительную выработку электроэнергии за год:

$$\Delta Q = \Delta N \cdot \tau = 10 \cdot 7440 \cdot 1000 = 74,4 \cdot 10^6 \text{ KВт} / \text{час}$$

Определяем дополнительную выручку от выработанной электроэнергии:

$$Pr = \Delta Q \cdot C_{кч} = 74,4 \cdot 10^6 \cdot 1,2 = 89,28 \cdot 10^6 \text{ руб. в год.}$$

4.5 Расчет экономического эффекта модернизации

Для оценки экономической эффективности инвестиций в энергетические объекты необходимо учитывать фактор времени. Под последним понимается учет разновременности осуществления инвестиций, производственных издержек и получения прибыли.

В качестве критериев экономической эффективности инвестиций наибольшее распространение получили чистый приведенный доход, индекс рентабельности проекта, срок окупаемости и внутренняя норма доходности проекта.

Зная стоимость трубного пучка и стоимость работ по его замене, рассчитаем капиталовложения на данную модернизацию:

$$K = C_n + 3\Pi_{осн} + 3\Pi_{дон} + 3\Pi_{отч} = \\ = 485 \cdot 10^6 + 1,275 \cdot 10^6 + 114750 + 440551 = 486 \text{ млн. рублей}$$

Чистый приведенный доход (NPV).

В соответствии с этим критерием лучшим проектом будет тот, который обеспечивает большие значения ЧПД:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+r)^t},$$

где $D_t = Pr_t - K_t$ - чистый доход в t -ом году существования проекта;

Pr_t, K_t - соответственно чистая прибыль и инвестиции в t -ом году;

r - ставка дисконтирования.

При модернизации действующего объекта энергетики $r = 0,15$.

Принимаем, что капиталовложения в модернизацию единовременны.

$$NPV = \sum_{t=1}^{30} \frac{Pr}{(1+0,15)^t} - K = \sum_{t=1}^{30} \frac{89,3}{(1+0,15)^t} - 486 = 99,4 \cdot 10^6.$$

Значение ЧПД положительно, что означает, что в результате реализации проекта будет получен доход с учетом фактора временного обесценивания денег.

На практике обычно принимается, что значение r не может быть ниже доходности по депозитам надежного банка. Индекс рентабельности проекта (PI).

В соответствии с этим критерием лучший проект обеспечивает максимальное значение индекса рентабельности проекта. Индекс рентабельности инвестиционного привлекательного проекта должен быть больше единицы:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^{30} \frac{Pr}{(1+0,15)^t}}{K} = \frac{\sum_{t=1}^{30} \frac{89.3}{(1+0,15)^t}}{487} = 1,204.$$

Срок окупаемости инвестиций с учетом фактора времени может быть найден путем решения следующего уравнения относительно Ток:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_{ок}} \frac{Pr}{(1+0,15)^t} - K = 0.$$

$$T_{ок} = 12,5 \text{ лет.}$$

Внутренняя норма доходности IRR определяется как значение ставки дисконтирования r , при которой выполняется равенство:

$$\sum_{t=1}^{T_{ок}} \frac{Pr}{(1+0,15)^t} = K;$$

$$r=0,183.$$

Экономический смысл IRR следующий: значение IRR соответствует действительной эффективной доходности инвестиций в проект с учетом фактора времени. Проект считается экономически эффективным, если IRR превышает действующее на момент оценки значение ставки по депозитам надежного банков (15%)

Таблица 7- Калькуляция полученных экономических показателей:

Наименование статей	Размерность	Показатели
1. Капиталовложения	млн.руб	4867
1.1 Итоговая стоимость модернизации	млн.руб	485
1.1.1 Сырье	млн.руб	531
1.1.2 Обработка материалов	млн.руб	78
1.1.3 Возвратные отходы	млн.руб	124
1.2 Основная зарплата	млн.руб	1,27
1.3 Дополнительная зарплата	руб	114750
1.4 Отчисления на социальные нужды	руб	440550
2. Дополнительная выручка от выработанной электроэнергии	млн.руб	89,3
3. Чистый приведенный доход	млн.руб	99,4
4. Срок окупаемости проекта	год	12,5
5. Годовой экономический эффект	Руб/год	46666
6. Внутренняя норма доходности	%	18,3
7. Индекс рентабельности проекта	-	1,2

Закключение

В данном дипломном проекте была рассмотрена наиболее актуальная проблема конденсационных установок – замена материала трубного пучка из МНЖ-5 на трубный пучок из ВТ0-1.

- Применение титановых трубок поверхности теплообмена позволяет увеличить надежность работы конденсатора и последующих теплообменных аппаратов, за счет уменьшения количества меди и ее;

- При конструировании новых конденсаторов с титановыми трубками поверхности теплообмена, значительно уменьшается площадь теплообмена конденсатора, что ведет к соответственному уменьшен металлоёмкости;

- Применение титановых трубок при модернизации уже действующих конденсаторов, с сохранением прежней площади теплообмена, ведет к уменьшению давление в конденсаторе, что приводит к увеличению термического КПД ПТУ на 1 - 1,3% и соответственному увеличению мощности ПТУ на 1 - 1,3%;

- Расчет экономического эффекта модернизации конденсаторов показал, значительный рост выручки АЭС, в следствии повышении мощности ПТУ, небольшой срок окупаемости и внутренний уровень доходности выше средней ставки надежных банков. Что говорит о высокой привлекательности для инвесторов;

- Рассмотрены и решены такие вопросы социальной ответственности как: производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях и правовые и организационные вопросы;

- Разработанная система теплотехнического контроля параметров конденсатора: температуры охлаждающей воды на входе и выходе, расход охлаждающей воды и пара, уровень воды в конденсатосборнике.

Список публикаций:

1. Дергачёв И.С. Повышение мощности АЭС за счет модернизации конденсационной установки // Интеллектуальные энергосистемы: труды IV Международного молодёжного форума, 2016 г., г. Томск в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2015. — Т. 1. — С. 257-260.

2. Дергачёв И.С., Ткаченко И.Г. Методика расчета прямоточных парогенераторов // Интеллектуальные энергосистемы: труды III Международного молодёжного форума, 2015 г., г. Томск в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2015. — Т. 2. — С. 55-59.

3. Дергачёв И.С., Кузнецов М.В., Лавриненко С.В. Моделирование процесса теплообмена в конденсаторе //Тепломассоперенос в системах обеспечения тепловых режимов энергонасыщенного технического и технологического оборудования, 2017г., г Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2015. (ещё не издана)

Список использованных источников

1. Атомные электростанции: учебное пособие / А.М. Антонова, А.В. Воробьев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 275 с.
2. Бродов Ю. М., Пермяков В. А. Эффективность применения профильных труб в подогревателях и конденсаторах паровых турбин по результатам промышленных испытаний //Повышение эффективности трубных поверхностей теплообменного энергооборудования. Л.: Труды НПО ЦКТИ, 1987. № 236. С. 55-62.
- 3.Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин. М.: Энергоатомиздат, 1994.
4. Жукаускас А. А., Улинскас Р. В., Закревский В. Ф. Метод выявления эффективных теплообменных поверхностей // Труды Академии наук Литвы. Сер. Б. 1980. Т. 4 (119). С. 53-59.
5. Исаченко В. П. Теплообмен при конденсации. М.: Энергия, 1977.
6. Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981.
7. Дрейцер Г.А., Дзюбенко Б.В., Якименко Р.И. Интенсификация теплообмена и анализ методов сравнения теплогидравлической эффективности теплопередающих поверхностей. // Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. –М.: МЭИ.1998.Т.6.С. 99-102.
8. Интенсификация теплообмена в каналах/ Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, С.А. Ярхо. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990.- 208 с.
9. Расчет теплообменных аппаратов паротурбинных установок: учебное пособие / Ю.М. Бродов, М.А. Ниренштейн. Екатеринбург: УГТУ, 2001. 373 с.

10. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы: справ. изд. / А.П. Шлямнев, и др. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. 232 с.

11. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок: учебное пособие / Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, Г.Д. Бухман и др. Екатеринбург: УГТУ, 1996. 298 с.

12. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие/ А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 109 с.

13. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

14. ГОСТ 12.1.002–84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».

15. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

16. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

17. ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность».

18. ГОСТ 12.1.033-81 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность».

19. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

20. ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

21. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016)

23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

24. ГОСТ 12.2.062-81 «Оборудование производственное. Ограждения защитные».

25. НП-031-01. Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций

26. ЕТКС№9. Должностная инструкция машиниста-обходчика по турбинному оборудованию.

27. ПУЭ «Издание седьмое»

28. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»